

гії тощо. Розроблення віртуального лабораторного практикуму дозволяє більш інтенсивно використовувати інформаційні технології в освіті. В перспективі – створення нових комп'ютерних програм та доповнення переліку лабораторних робіт відповідно до переліку процесів, що вивчаються студентами старших курсів фізико-технічного та фізико-енергетичного факультетів.

Список літератури: 1. Сорока Л.С., Стервоядов Н.Г., Мальяхіна Т.В. Разработка переносного прибора для локации источника излучения. // Вісник Академії митної служби України. Серія “Технічні науки”. – 2011. – № 2 (46). – С. 102 – 109. 2. Мальяхіна Т.В., Марущенко В.В., Сакун А.В., Стервоядов Н.Г. Компьютерное моделирование установки для локализации источника гамма-излучения. // Вестник ХНУ. Серия МИА. – 2010. – № 925, вып. 14. – С. 132-139. 3. M.V. Bezuglov, V.S. Malyshevsky, T.V. Malykhina, A.V. Torgovkin, G.V. Fomin and B.I. Shramenko «Photonuclear Channel of ^7Be Production in the Earth's Atmosphere». // Physics of Atomic Nuclei, 2012, Vol. 75, No. 4, P. 393 – 397. 4. J. Allison et.al. Geant4 – a simulation toolkit. // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. – 2003. – A 506. – P. 250 – 303. 5. Веб-ресурс проекту Geant4: <http://geant4.cern.ch> 6. Geant4 User's Guide for Application Developers. [Електронний ресурс]: 2010. – 327 с. – режим доступу: <http://geant4.web.cern.ch/geant4/UserDocumentation/ UsersGuides / PhysicsReferenceManual / fo / BookForAppliDev.pdf>. 7. Physics Reference Manual [Електронний ресурс]: 2010. – 554 с. – режим доступу: <http://geant4.web.cern.ch/ geant4 / UserDocumentation / UsersGuides/PhysicsReferenceManual / fo / PhysicsReferenceManual.pdf>. 8. ICRU(1984). International Commission on Radiation Units and Measurements. *Radiation Dosimetry: Electron beams with energies between 1 and 50 MeV*. ICRU Report 35 (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, Maryland).

Надійшла до редколегії 15.05.2012

УДК 621.317

Р.П. МИГУЩЕНКО, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПІ»;
О.Ю. КРОПАЧЕК, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПІ»;
Т.В. ПЕЧЕРИЦЯ, магістр, НТУ «ХПІ»;
К.В. МАТЯШ, студент, НТУ «ХПІ»

АНАЛІЗ ПИТАНЬ КОМПЕНСАЦІЇ АДИТИВНИХ ЗБУРЕНЬ ПРИ ДІАГНОСТИЦІ ДИЗЕЛЬНИХ АГРЕГАТИВ

Розглянуті питання побудови системи контролю і діагностики стану форсунок дизельних агрегатів. Для розробки системи контролю обраний об'єкт дослідження, розглянуті принципи його функціонування, проведено огляд літератури та проаналізовано можливі моделі процесів у розглядуваному об'єкті, обрані основні напрямки роботи при проведенні досліджень, зроблено висновки про перспективи подальших розробок.

Рассмотрены вопросы построения системы контроля и диагностики состояния форсунок дизельных агрегатов. Для разработки системы контроля выбран объект исследования, рассмотрены принципы его функционирования, проведен обзор литературы и проанализированы возможные модели процессов в рассматриваемом объекте, выбраны основные направления работы при проведении исследований, сделаны выводы о перспективах дальнейших разработок.

The article deals with the issues of building control systems and diagnostics of injectors diesel units. To design the control system is chosen object of study, considered the principles of its operation, reviewed and analyzed the possible models of the object in question, selected the main directions of work in research, conclusions about the prospects for further development.

Постановка проблеми. Сучасна вітчизняна промисловість, як ніколи, потребує введення новітніх технологій у всі свої галузі. Однією з технічних проблем, яку необхідно вирішити, є проблема діагностування стану паливної системи високого тиску дизельних агрегатів (ДА) із застосуванням безрозбірних технологій. В першу чергу це стосується виявлення придатних для подальшого застосування форсунок в режимі реального часу. В [1] досить детально розглядались методики виявлення несправностей форсунок за вібраціями трубки паливного насосу високого тиску, проведена класифікація несправностей, запропоновані апаратурні та алгоритмічні засади при виготовленні відповідних засобів діагностики і контролю. Проте в [1] на дослідження були накладені обмеження, які стосувались того, що діагностика форсунок відбувалась на певній частоті – частоті холостого ходу. Таке обмеження не надало можливості оцінки власних коливань ДА, і тому, не надало можливості оцінки придатності форсунок не у тестовому режимі, а у режимі реального часу.

Аналіз літератури показав, що на даний час вже розроблена достатньо велика кількість стендів контролю функціонування форсунок, робота яких базується на самих різноманітних алгоритмах [2-4]. Проте постійне розширення технічних та технологічних вимог приводить до необхідності створення нових, все більш досконалих апаратурних, алгоритмічних та програмних засобів у цій сфері.

Метою статті є аналіз можливості побудови системи контролю чи діагностики придатності форсунок для подальшої експлуатації в режимі реального часу. Для реалізації такої задачі необхідні дослідження вібрацій на трубках паливного насосу високого тиску при різних частотах обертання вала та різних навантаженнях.

Аналіз моделей робочих зон ДА. Схемотехнічна модель робочої зони ДА при діагностиці стану форсунок для чотирьохциліндрового двигуна наведена на рис. 1.

Математична модель цієї зони має вигляд матриці впливу:

$$\mathbf{W}_0 = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & W_{13} & W_{14} \\ W_{21} & W_{22} & W_{23} & W_{24} \\ W_{31} & W_{32} & W_{33} & W_{34} \\ W_{41} & W_{42} & W_{43} & W_{44} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

де W_{ii} – вплив роботи i -го циліндра ДА самого на себе; W_{ij} – вплив роботи j -го циліндра на i -тий. В моделі (1) елементи являють собою передатні фу-

нкції коливальних ланок $W(p) = k / (T_1^2 p^2 + T_2 p + 1)$. В роботі [1] були синтезовані моделі компенсаторів функцій W_{ij} , що допомогло розробити алгоритм визначення придатності форсунок для подальшої експлуатації в пакетному режимі на стенді з використанням безрозбірних технологій.

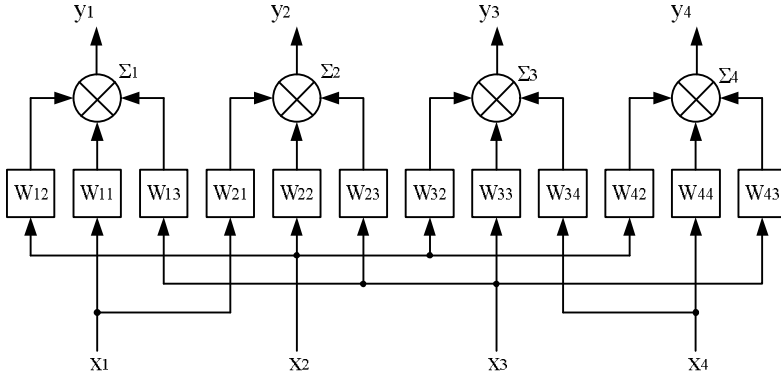


Рисунок 1 – Схема робочої зони ДА при діагностиці стану форсунок.

Проте, вихід частоти обертання вала ДА за межі холостого ходу, зазвичай, призводить до збільшення похибок 1-го роду [5]:

$$\alpha_{31} = \int_{k_{31}}^{\infty} f(u/S_{c1}) du = 1 - \frac{G(N/2, k_{31}/2\sigma_{\xi c3}^2)}{G(N/2)},$$

$$\alpha_{32} = \int_{k_{32}}^{\infty} f(u/S_{c1}) du = 1 - \frac{G(N/2, k_{32}/2\sigma_{\xi c3}^2)}{G(N/2)}$$

та 2-го роду:

$$\beta_{31} = \int_0^{k_{31}} f(u/S_{c2}) du = \frac{G(N/2, k_{31}/2\sigma_{\xi c1}^2)}{G(N/2)},$$

$$\beta_{32} = \int_0^{k_{32}} f(u/S_{c3}) du = \frac{G(N/2, k_{32}/2\sigma_{\xi c2}^2)}{G(N/2)},$$

де $G\left(\frac{N}{2}, \frac{k_{31}}{2\sigma_{\xi c3}^2}\right)$ – нормально розподілена функція, при класифікації стану

форсунок за принципом – придатний/непридатний.

Повна ймовірність похибки при класифікації має вигляд:

$$P = 0.5(\alpha_{31} + \beta_{31}), \text{ або } P = 0.5(\alpha_{32} + \beta_{32}). \quad (2)$$

На погляд авторів це викликано власними коливаннями робочої зони ДА, амплітуда яких є змінною величиною. Достовірність цієї гіпотези перевірялась експериментальним шляхом.

Експериментальні дослідження параметрів власних коливань робочої зони ДА. На рис. 2 приведені графічні залежності зміни рівня амплітуди віброколивань в залежності від частоти обертання вала ДА.

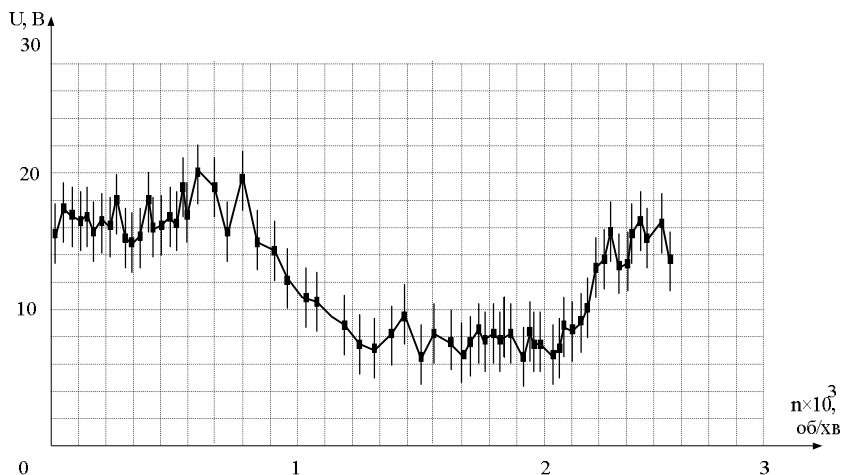


Рисунок 2 – Залежність амплітуди коливань від частоти обертання.

На рис. 3 продемонстровані графічні залежності, які вказують граничні зони перехідної області при класифікації за принципом придатний / непридатний [5] та трендову лінію, яка описує залежність власних коливань ДА від частоти обертання вала.

В якості первинного перетворювача використовувався віброакселеометр АП18.

Дані на рис. 2 та рис. 3 свідчать про наявність суттєвих амплітуд власних коливань ДА під час своєї роботи, а також про досить складний характер апроксимуючої функції.

Для графічної залежності рис. 3 була здійснена апроксимація і виявлена функція, яку необхідно враховувати при діагностиці стану форсунок:

$$s = 6.7n^2 - 15.5n + 17.7.$$

Таким чином, модель на рис. 1 повинна бути доповнена впливом функції збурень, що приводить до адитивних зміщень у векторі $y = f(x, s)$ (де x – вектор вхідних впливів (x_1, x_2, \dots, x_n) , y – вектор вихідних даних (y_1, y_2, \dots, y_n)) і повинно враховуватись при виконанні алгоритму контролю чи діагностики.

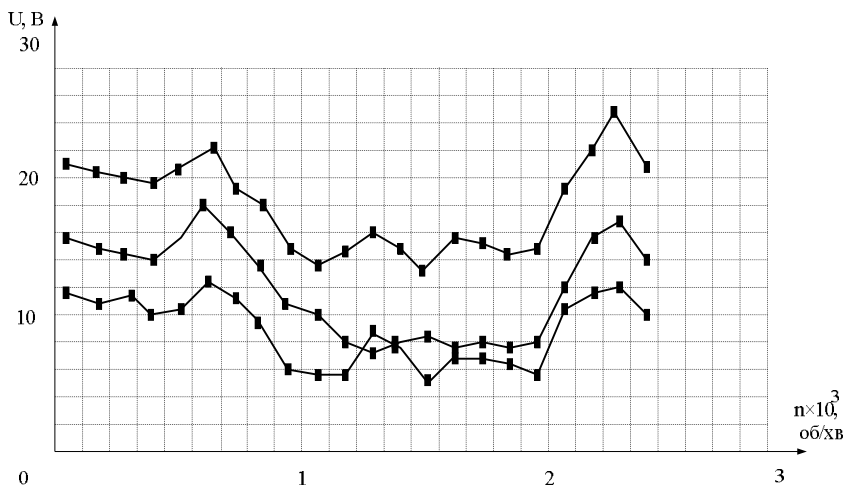


Рисунок 3 – Поправочні криві при діагностиці форсунок ДА.

Імітаційне моделювання. Для верифікації отриманих результатів при діагностиці стану форсунок паливної системи ДА доцільно здійснити імітаційне моделювання. Сучасні програмні засоби дозволяють змоделювати практично будь-які процеси в технічних об'єктах. Таке моделювання дає можливість здійснювати визначення параметрів передаточних функцій, корегувати структуру передаточних функцій об'єкту дослідження, обирати оптимальні регулятори (ПІ, ПІД тощо) та їх структуру [6].

При проведенні імітаційного моделювання функціонування системи діагностики автори обрали для використання інтегровані середовища математичних та інженерних розрахунків MathCAD 2001 (MathSoft Inc.) і Matlab 6 (MathWorks Inc.), а також середовища імітаційного моделювання Simulink 4 і пакет прикладних програм Control Systems Toolbox, ліцензовані копії яких знаходяться у їхньому розпорядженні.

Перспективи подальших досліджень. При розробці апаратурних, алгоритмічних та програмних засобів для систем контролю та діагностики необхідно визнати, що крім детермінованих збурень при діагностиці стану форсунок на ймовірність похибки за класифікацією (2) впливає маса випадкових процесів. Відомо, що зменшення похибок випадкового характеру можна досягнути відповідною статистичною обробкою. Проте, в даному, випадку, така статистична обробка повинна проводитись на коротких вибірках, а це унеможливує суттєве зменшення похибок класифікації [7].

На думку авторів, вихід з положення може бути знайдений шляхом використання в системах контролю та діагностики принципів адаптації з використанням алгоритмів пошуку: Гауса-Зайделя, градієнтного, найшорішого

спуску тощо [8].

Висновки. У даній статті розглянуті схемотехнічна та математична моделі робочої зони ДА, виявлені збурення, які надають власні коливання ДА під час своєї роботи, запропоновані підходи до побудови систем контролю та діагностики форсунок в режимі реального часу.

Список літератури: 1. *Кропачек О.Ю.* Методы и устройства контроля виброускорений стенок топливopовода высокого давления дизельных агрегатов: Дис. канд. Техн. наук: 05.11.13. – Харьков, 2004. – 214 с. 2. *Володин А.И., Блинов П.Н., Вихирев В.В., Попков В.В.* Контроль качества работы топливной аппаратуры // Двигателестроение. – 1990. – №5. – С. 48 – 51. 3. *Варбанец Р.А.* Мониторинг и расчет рабочего процесса судовых дизелей в эксплуатации: Дис. канд. Техн. наук: 05.04.15. – Одесса, 1997. – 185 с. 4. *Сисак Р.М.* Методи та системи статистичної діагностики дизель-генераторів на базі циклічних процесів: Дис. канд. Техн. наук: 05.11.16. – К., 2000. – 185 с. 5. *Мигущенко Р.П., Гусельников В.К., Валуйская О.Ю.* Классификация состояния форсунок дизель-генераторной установки по числовым характеристикам // Вестник НТУ «ХПИ». Сер. Электроэнергетика и преобразовательная техника. – Харьков. -2004. – Вып. 5. С. 88-92. 6. *Мигущенко Р.П., Кропачек О.Ю., Мараховська М.М., Тверитникова О.С.* Дослідження інформаційної моделі геліосистеми // Вісник НТУ «ХПІ». Сер. Автоматика та приладобудування. – Харків. – 2011. – Вип. 57. С. 133-137. 7. *Мигущенко Р.П., Кропачек О.Ю., Коваленко Д.А.* Анализ задачи построения системы отсчетов измерительного вибросигнала топливного насоса высокого давления дизельных установок // Вестник НТУ «ХПИ». Сер. Автоматика и приборостроение. – Харьков. – 2005. – Вып. 38. – С. 131-135. 8. Теория автоматического управления: В 2 ч. / Под ред. Воронова. – М., Высшая школа, 1977. – Ч. 2: Теория нелинейных и специальных систем автоматического управления. – 288 с.

Надійшла до редколегії 10.04.2012

УДК 539.3:534.1

В.П. ОЛЬШАНСКИЙ, д-р физ.-мат. наук, проф., ХНТУСХ, Харьков;
С.В. ОЛЬШАНСКИЙ, канд. физ.-мат. наук, НТУ «ХПИ»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО УДАРА ПО СТЕРЖНЮ С СОСРЕДОТОЧЕННОЙ МАССОЙ

Розглянута динаміка стержня з точковою масою, що зосереджена на його незакріпленому краї (торці), по якому відбувається непружний удар твердим тілом, яке рухається. Показано, що коефіцієнти динамічності, обчислені за теоріями Сен-Венана та Кокса відрізняються несуттєво в широкому інтервалі зміни параметрів тіл, які співударяються.

Рассмотрена динамика стержня с точечной массой, сосредоточенной на его незакрепленном крае (торце), по которому производится неупругий удар движущимся твердым телом. Показано, что коэффициенты динамичности, вычисленные по теориям Сен-Венана и Кокса, отличаются незначительно в широком интервале изменения параметров соударяющихся тел.

The dynamics of a beam with a point mass concentrated at its not assigned-edge, which is produced by inelastic impact by a moving solid. The dynamic coefficients calculated from the theories of Saint-Venant and Cox differs slightly in a wide range of parameters that satisfy the body collisions are shown.